

УДК: 551.58

ДОСЛІДЖЕННЯ ГРОЗОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ВОЛИНІ ТА В УКРАЇНІ ЗА ДАНИМИ ОНЛАЙН-РЕСУРСУ BLITZORTUNG

В. В. Федонюк¹, М. А. Федонюк¹, А. М. Павлусь²

¹Луцький національний технічний університет,

75, Львівська, 43018 Луцьк, Україна, ecolutsk@gmail.com

²Волинський національний університет імені Лесі Українки,

13, пр. Волі, 43025 Луцьк, Україна, nesvishandriu@gmail.com

У статті представлено результати статистичного та графічного аналізу показників грозової діяльності в Україні та у межах Волинської області, зокрема, на основі дослідження архіву динамічних карт онлайн-ресурсу Blitzortung.org (Блискавка і гроза в режимі реального часу). Описано принципи і результати роботи співтовариства власників та користувачів датчиків грозопеленгації Blitzortung.org, представлено розроблений алгоритм методики роботи з динамічними картами даного ресурсу.

Регіональний аналіз архівних карт на сайті Blitzortung.org за 2008-2019 рр. для території Волинської області дозволив встановити, що у динаміці грозової діяльності відбулися наступні зміни: більш як удвічі зросла загальна кількість днів з грозою (в середньому з 30 до 68,3 днів); зросло число гроз у квітні (раніше це було рідкісним явищем); суттєво зросла кількість гроз у травні, за окремі роки число травневих днів із грозою досягає показників літніх місяців (червня та липня); більшість гроз мають фронтальне походження, грозові фронти приходять із заходу, північного та південного заходу; кількість фронтальних гроз має тенденцію до зростання, що свідчить про збільшення нестійкості атмосфери та числа стихійних метеорологічних явищ, пов'язаних з цією нестійкістю; середня місячна кількість грозових днів на Волині також зросла для усіх без винятку місяців року.

Аналіз грозової активності в межах усієї України у період 2018-2019 рр. показав наявність чітких регіональних особливостей та відмінностей. Збільшення грозової активності спостерігається в Західному (на 50-100 %) і Південному (на 15-50 %) регіонах країни, частково – на Півночі. На Сході України число днів з грозою близьке до показників кліматичної норми. Водночас, аналіз потребує уточнення та деталізації по всій мережі метеорологічних станцій України, дані яких можуть бути порівняні з результатами дослідження архівних динамічних карт сайту Blitzortung.org.

Ключові слова: гроза; грозова активність; число днів з грозою; онлайн-ресурс Blitzortung.org

1. ВСТУП

Кліматичні зміни останніх десятиліть спричиняють активізацію стихійних метеорологічних явищ та процесів, про що неодноразово зазначалося в наукових розвідках вітчизняних та зарубіжних фахівців, зокрема, у працях Allen J. T., Doswell C. A., Sharp A., Осадчого В.І., Бабіченко В. М. та інших авторів [1,2,3,4]. До таких небезпечних явищ, зокрема, відносяться грози. Україна також зазнає змін у типовому перебігові метеорологічних процесів, і вивчення їх характеру, регіональних особливостей – це важливе наукове завдання. Саме воно визначило мету даної роботи: проаналізувати зміни, що відбуваються останнім часом у динаміці гроз в Україні, в цілому, та на теренах Волинської області, зокрема. Грози часто приносять величезну шкоду окремим галузям господарювання, інколи вони разом із супутніми явищами (блискавки,

шквали, смерчі) можуть становити загрозу життю людини, тому дослідження змін в грозовій активності у наш час має велику значущість і актуальність.

Аналіз динаміки грозової активності на теренах України ускладнюється тим, що лише невелика частина території нашої держави охоплена інструментальним грозопеленгуванням. На переважній більшості метеорологічних станцій фіксація гроз здійснюється «візуально-слуховим методом». Новизна даного дослідження зумовлена тим, що воно проводилося на основі аналізу архівних карт грозопеленгації онлайн-ресурсу Blitzortung.org [5]. Відповідно до поставленої мети основними завданнями роботи було визначено: 1) дослідження змін в динаміці та повторюваності грозових явищ на території Волинської області протягом періоду 2008 – 2019 рр.; 2) аналіз грозової діяльності в межах території України на протязі 2018-2019 рр.

Об'єктом дослідження є грози, що поширюються на території України та Волині. Предметом дослідження є вивчення показників грозової діяльності в Україні і на Волині та аналіз виявлених тенденцій і змін у грозовій активності.

2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Вивчення гроз було розпочате давно, починаючи від класичних праць Б.Франкліна і М. Ломоносова і до Я. І. Френкеля, І. С. Стекольниковою, А. С. Алізаде, Є. К. Федорова, В. І. Єрмакова, В. І. Арабаджи, С. М. Гальперіна, В. В. Бургс-Дорфа, В. Д. Степаненко, Н. С. Шишкіна та багатьох інших дослідників [6,7,8]. Грози в межах території України та її окремих регіонів, їх утворення, динаміка та поширення були складовим елементом дослідження клімату України в цілому [9,10], також вони вивчалися як одне із стихійних метеорологічних явищ [4,11,12,13,14,15]. Формування та динаміку грозових явищ в наш час на території України досліджували у своїх працях В. І. Осадчий, В. М. Бабіченко, Т. Є. Данова, Ю. М. Мацук, В. О. Балабух, О. Л. Казаков, Л. В. Недострелова, В. В. Недострелов, В. В. Чумаченко, І. М. Шербань, А. В. Ганчук, Т. М. Заболоцька, В. М. Підгурська, Т. М. Шпиталь, Н. І. Грачова, В. В. Кузнецова, Л. Н. Романенко, Л. П. Самаріна та інші автори [4,12,13,14,16,17,18,19,20]. Динаміку гроз у ХХ ст. та на початку ХХІ ст. на Волині було проаналізовано у роботах Бабіченко В.М., Зузук Ф.В., Тарасюк Н.А., Тарасюка Ф.П. [21,22].

Як було встановлено у працях попередніх авторів, на більшій частині України протягом року в середньому відмічається 25-30 днів з грозою. В цілому спостерігається тенденція до зростання кількості гроз з півночі на південь, але не завжди все так однозначно. Найбільше днів з грозою фіксується в Карпатах і Прикарпатті (до 40 днів), ст. Селятин на Буковині вважається самим грозовим місцем в Україні (до 45 днів з грозою в рік). Дещо менша кількість гроз спостерігається на Азово-Чорноморському узбережжі (15-20), по долинах великих річок, в прибережній смузі великих водосховищ [4,9,10].

Грози в Україні спостерігаються в теплий період року, з квітня по вересень, найбільше їх буває влітку (червень-липень), але в степу та у Кримських горах максимум припадає на червень, а в зоні мішаних лісів, лісостепу, на Донецькому кряжі та в Українських Карпатах максимум – в липні. Дуже рідко грози спостерігаються в березні, жовтні, листопаді. Повторюваність їх в

Україні у ці місяці, як правило, менша одиниці. Ще більш рідкісне явище – зимові грози, які спостерігаються в середньому не частіше як 1 раз на 10 років.

За походженням грози поділяються на фронтальні та внутрішньомасові. Грозова діяльність визначається процесами атмосферної циркуляції, а також у значній мірі місцевими фізико-географічними умовами: рельєфом місцевості, близькістю до великих водойм [9,10].

3. ОПИС МАТЕРІАЛІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

При виконанні дослідження використовувалися як загальнонаукові, так і спеціальні методи. Серед загальнонаукових методів застосовано аналітичний, порівняльно-оціночний, картографічний, математично-статистичний (при обробці архівів динамічних карт ресурсу Blitzortung.org та одержаних проміжних результатів). Серед спеціальних методів дослідження використано методи комп'ютерного аналізу та моделювання метеорологічних процесів та явищ.

Методика проведених досліджень. Для аналізу частоти виникнення гроз в останні десятиліття нами було використано можливості інтернет-співтовариства власників портативних радіогрозопеленгаторів Blitzortung та оприлюднених у відкритому доступі архів карт грозової діяльності та динаміки грозових явищ на сайті цього проекту [5]. Було опрацьовано для Волинської області наявні в архіві сайту Blitzortung.org динамічні карти гроз за період 2008 – 2019 рр. Для усієї території України аналіз здійснено за період 2018 – 2019 рр.

Було розроблено методику роботи з онлайн-та архівними картами грозопеленгації (рис. 1) цього ресурсу [23]. Сервіс «Карти в реальному часі» відображає наявність зафіксованих блискавок на поточний момент. У розділі «Архівні дані» розміщено архів карт з 2008 р. В меню ліворуч можна вибрати потрібну територію. У верхньому лівому кутку є градація гроз за часом їх виникнення. Так, грози, які були зафіксовані в останні 20 хв., позначаються світлим/білим кольором, а ті, що виникли 2 год тому – темним/червоним. Діаграма зліва унизу на карті – це частота появи блискавок за останні 2 год. Цифри на ній - число блискавок протягом минулих 2 год. Чим колір стовпчика темніший - тим ці блискавки більш давні за часом їх виникнення. Білий колір стовпчика діаграми - це блискавки, що виникли за останні 20 хв [5,23].

Зауважимо, що до цієї мережі приєднуються не тільки приватні особи-волонтери, а й окремі



Рис. 1 – Приклади роботи з динамічними картами ресурсу Blitzortung.org
 Fig. 1 – Examples of working with dynamic maps on the Blitzortung.org

офіційні метеорологічні станції у європейських країнах.

Для оцінки точності та достовірності отриманих нами результатів було здійснено порівняльну оцінку архівних даних інтернет-ресурсу Blitzortung.org з архівними даними гідрометеорологічних станцій (приклад наведено у табл. 1). Для порівняння були вибрані роки із найбільш репрезентативними даними. Одержані числові показники більш як на 80 % співпадають із архівними даними державної гідрометеорологічної мережі, але потребує подальшого дослідження точність даних самого ресурсу Blitzortung щодо грозової активності на території України.

Для порівняння з одержаними результатами використовувалися дані щодо показників кліматичної норми середнього річного числа гроз та максимального річного числа гроз, які представлені у Кліматичному кадастрі України [9] та похідних довідкових джерелах.

4. ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У наш час активного розвитку інформаційних технологій з'являються новітні методи спостереження за природними процесами, у тому числі – в онлайн-режимі. Прикладом є робота інтернет-сайту Blitzortung.org, що набув великої популярності за кордоном, але ще недостатньо популярний в Україні. Метою проекту "Blitzortung.org" [5] було створення мережі стан-

цій для високоточного виявлення локацій розрядів блискавок у Європі та у світі. Мережа онлайн-виявлення грозових розрядів складається з численних приймальних станцій – фіксаторів блискавки, що розташовуються на відстані приблизно 50-250 км. Ці станції-давачі в режимі реального часу передають сигнали на центральний сервер обробки даних. Точні позиції грозових розрядів визначаються методом радіопеленгування. На сайті відображається електричний розряд, який був запеленгований щонайменше 4 антенами. Сенсор-передавач, який фіксує електромагнітні розряди, може встановити будь-хто. Саме волонтери – добровольці, що встановлюють такі сенсори, становлять основну частину передавальної мережі даного ресурсу.

"Blitzortung" - це співтовариство власників станцій, що передають свої дані на центральний сервер, програмістів-добровольців, які розробляють алгоритми для відображення грозових розрядів на картах, а також техніків, що підтримують роботу системи. Учасники отримують вільний доступ до всіх архівів та баз даних, що формуються співтовариством (у вільному доступі – обмежений архів). Карти грозових розрядів у режимі реального часу є у вільному доступі, а нещодавно на сайті з'явився і архів даних [5]. В Україні на сьогодні є активними станції Blitzortung у Львові, Вінниці, Києві, Харкові, Луцьку, Бережанах та у Закарпатській області (https://www.blitzortung.org/uk/station_list.php).

Таблиця 1 – Порівняльна оцінка числа днів із грозою, виявлених за допомогою ресурсу Blitzortung, із офіційними даними по метеостанції Луцьк

Table 1 - Comparative estimate of the number of days with thunderstorms detected by the resource Blitzortung, with the official data on the weather station Lutsk

Джерело даних	Рік спостережень				
	2010	2011	2012	2013	2014
	Число днів із грозою				
Blitzortung.org, динамічні карти	97	73	65	57	68
Архівна інформація ст. Луцьк	78	58	56	48	57
Співпадіння показників, %	80,4	79,5	86,2	84,2	83,8

Таблиця 2 – Число днів з грозою на Волині протягом 2008-2019 рр.

Table 2 – Number of days with a thunderstorm in Volyn region during 2008-2019

Число днів з грозою на Волині протягом 2008-2019 рр.													
Місяць	Рік спостережень												Середнє число днів з грозою
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Березень	—	—	1	—	1	—	—	2	1	4	2	-	0,9
Квітень	4	2	7	8	6	3	10	8	11	4	6	6	6,25
Травень	5	8	21	11	11	12	15	12	19	10	8	14	12,1
Червень	13	15	17	16	14	19	11	12	16	10	16	14	14,1
Липень	16	21	22	20	18	12	12	18	18	14	21	19	17,5
Серпень	3	12	23	12	11	6	17	7	10	11	17	9	11,5
Вересень	1	8	6	5	2	3	3	5	1	6	10	4	4,5
Жовтень	—	2	—	1	2	2	—	1	1	—	-	2	0,9
Листопад	—	1	—	—	—	—	—	2	—	—	-	-	0,25
Всього, рік	42	67	97	73	65	57	68	67	77	59	80	68	68,3
Норма	Кліматична норма – 30 днів з грозою												

Дальність роботи сенсорів залежить переважно від типу антени та місця встановлення та може становити від 30-40км до 2-4тис. км. В сусідніх з Україною державах датчиків досить багато (в Польщі їх, наприклад, понад 60), тому мережа Blitzortung може бути досить репрезентативна для території нашої країни.

Проведене дослідження можна умовно розбити на два етапи: 1) аналіз динаміки грозової активності в межах території Волинської області за період 2008 – 2019 рр; 2) аналіз динаміки грозової активності в межах України за період 2018-2019 рр. Зупинимось на отриманих результатах докладніше.

1 етап. Сумарні результати аналізу динаміки грозових явищ на території Волинської області за 2008-2019 рр. відображено в табл. 2.

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що кількість гроз за останнє десятиліття значно зросла і вдвічі перевищує кліматичну норму. Якщо в ХХ ст. в середньому за рік спостерігалось 30-40 днів із грозою, то цей показник за 2008-2019 рр. склав 68,3 днів. Найбільша кіль-

кість днів з грозою характерна для літніх місяців (червень-липень). За останні роки число грозових днів збільшилось і для квітня-травня (в середньому з 2-5 днів за кліматичною нормою, до 6-12 на початку ХХІ ст.). Також раз на 5-6 років фіксуються грози в листопаді. На рис. 2 представлено діаграму динаміки днів із грозою за досліджуваний період.

Отже, на початку ХХІ ст. кількість гроз на Волині суттєво збільшилась. У 2010 році спостерігався максимум – 97 днів із грозою, після чого грозова активність дещо знизилась, але з 2014 р. знову почала підвищуватись і у 2018 р., для прикладу, було зафіксовано 80 днів із грозою. За останній досліджений рік (2019 р.) кількість днів з грозою склала для Волині 68 днів, що перевищує кліматичну норму більш як у 2 рази.

Окремо було проаналізовано співвідношення між типами гроз за походженням (рис. 3). Отримано такі результати: більшість гроз – фронтального походження, які формуються за межами області.



Рис. 2 – Діаграма річної кількості днів із грозою на території Волинської області за 2008-2019 рр. та порівняння з кліматичною нормою

Fig. 2 – Diagram of the annual number of days with a thunderstorm in the Volyn Region for 2008-2019 and comparison with the climatic norm

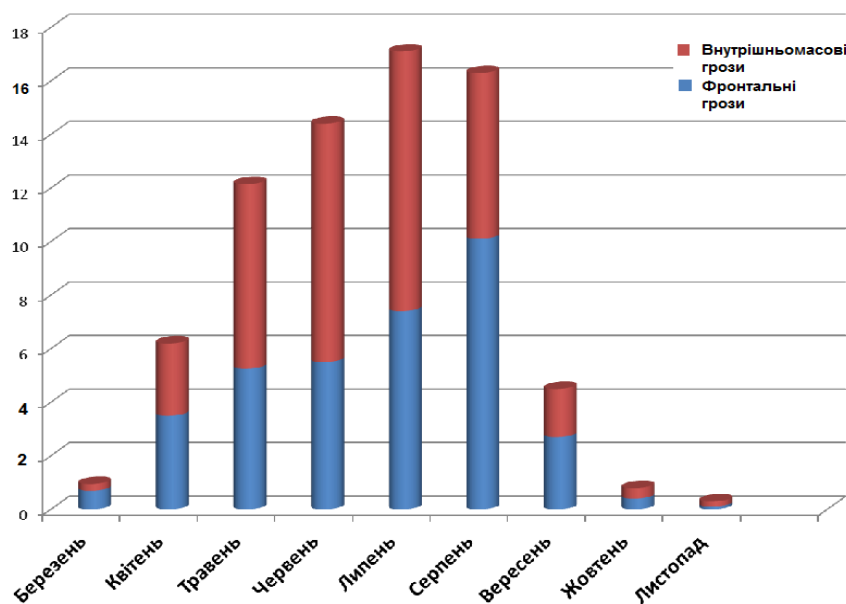


Рис. 3 – Середнє співвідношення внутрішньомасових та фронтальних гроз на території Волинської області протягом 2008-2019 рр. по місяцях року

Fig. 3 – The average ratio of intramass and frontal thunderstorms in the Volyn region during 2008-2019 by months of the year

Максимальна кількість внутрішньомасових гроз на Волині відмічена у найтепліші місяці (червень-липень), коли повітря добре прогріте, і температурні контрасти достатні для формування потужних конвективних хмар. Весняні грози переважно теж фронтальні, адже навесні повітря недостатньо прогрівається для формування внутрішньомасових гроз, осередків купчасто-дощових хмар, які приходять з фронтами з заходу, північного, південного заходу, рідко з півно-

чі та сходу. Восени на Волині формуються окремі локальні грозові явища.

Аналіз кількості днів з грозою в окремі місяці року (див. рис. 4) показав, що середня місячна кількість грозових днів на Волині дорівнює або навіть перевищує максимальну місячну кількість днів з грозою, що фіксувалася згідно кліматичної норми. Ця тенденція стосується усіх без винятку місяців року, в яких були грози. Багато гроз відмічається у квітні (раніше квітневі грози

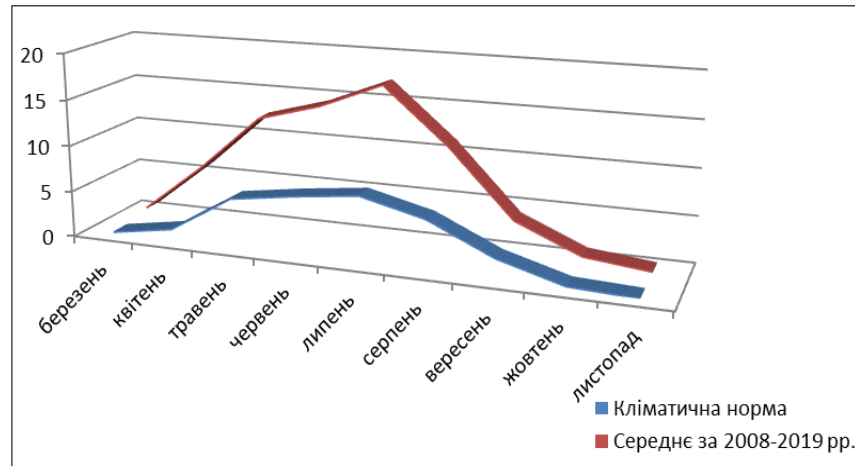


Рис.4. – Графіки середньої місячної кількості днів з грозою на території Волинської області протягом 2008-2019 рр. та за даними кліматичної норми

Fig. 4 – Average monthly number of days with thunderstorm in the Volyn region during 2008-2019 and according to climatic norms

були досить рідкісним явищем). Суттєво зросла кількість гроз у травні, і за деякі роки число травневих днів із грозою досягає показників літніх місяців. Зимові грози продовжують бути рідкісним явищем, проте відмічено тенденцію збільшення їх числа (від 1-2 випадків на 10 років до 1 на 5 років). Отже, регіональний аналіз архівних карт на сайті *Blitzortung.org* за 2008-2019 рр. для території Волині засвідчив, що у динаміці грозової діяльності відбулися наступні зміни: більш як удвічі зросла загальна кількість днів з грозою (в середньому з 30 до 68,3 днів); суттєво зросла кількість весняних гроз; більшість гроз мають фронтальне походження, грозові фронти приходять в основному із заходу, північного та південного заходу; кількість фронтальних гроз має тенденцію до зростання; припускаємо, що остання тенденція є свідченням збільшення числа атмосферних фронтів, які проходять через досліджувану територію у теплий період року та числа стихійних метеорологічних явищ, пов'язаних з цією активністю; середня місячна кількість грозових днів на Волині теж зросла для усіх без винятку місяців року.

2 етап. Результати проведеного регіонального аналізу динаміки гроз в межах Волинської області спонукали до розширення дослідження на територію всієї України. Як період дослідження було обрано 2018 – 2019 рр., оскільки саме починаючи з 2018 р. зросла кількість датчиків мережі *Blitzortung.org* на території України. Порівняння числа днів з грозою у 2018-2019 рр. проводилося по областях нашої країни з такими показниками, що наводяться в Кліматичному кадастрі України, як: а) середнє річне число днів з грозою; б) максимальне річне число днів з гро-

зою за багаторічний період.

При аналізі архівних карт грозопеленгації для території всієї України, з врахуванням того, що площа дослідження була досить значною, а порівняння, за даними Кліматичного кадастру, можливо було зробити тільки з даними конкретних метеорологічних станцій, ми орієнтувалися на оцінку числа гроз в районі, наближеному до обласного центру. Адже в кожному обласному центрі є метеостанція і на ній ведеться офіційна статистика числа днів з грозою, середнього та максимального. Тобто, наприклад, середнє число днів з грозою для Вінницької області визначалося по ст. Вінниця, для Волинської – по ст. Луцьк і т.д. Результати визначення кількості днів з грозою у всіх областях України протягом 2018-2019 рр. за архівними картами ресурсу *Blitzortung.org* представлені в таблиці 3.

На рис. 5 та рис. 6 представлено діаграми, що дозволяють наочно порівняти число днів з грозою в Україні за 2018 – 2019 рр. з середнім багаторічним числом (рис. 5) та максимальним багаторічним числом (рис. 6).

Аналіз даних табл. 3 та діаграми на рис. 5 засвідчує, що кількість гроз на території України на початку XXI ст. досить помітно змінилася, але ці зміни відрізняються по регіонах. Суттєве збільшення спостерігається у Західному і, частково, Центральному регіоні (західніше осі Вінниця-Київ-Чернігів). Число днів з грозою в таких областях, як Закарпатська, Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Тернопільська, Волинська, Рівненська, Житомирська, Хмельницька, Вінницька, Київська та Чернігівська зросло у 1,5-2 рази в порівнянні з кліматичною нормою. Менш помітне збільшення відмічається у Пів-

денному регіоні (Кіровоградська, Дніпропетровська, Запорізька, Одеська, Миколаївська, Херсонська обл., АР Крим) – на 15-50 %, а в Східному регіоні (Сумська, Полтавська, Харківська, Донецька, Луганська обл.) число грозових днів було в межах кліматичної норми. Зростання грозової активності в окремих регіонах України (зокрема, на Півдні та на Заході) на початку ХХІ ст. відмічали у своїх працях також і інші автори [4,16,17].

Оскільки аналіз проводився лише за 2 роки,

то одержані результати було порівняно з максимальними показниками за попередній багаторічний період, для оцінки «аномальності» грозової активності саме у 2018-2019 рр.

На рис. 7 представлена сумарна діаграма середнього числа днів з грозою в Україні за період 2018-2019 рр., визначеного як середнє арифметичне для всіх областей (обласних центрів) за кожен рік. Як бачимо, кліматична норма по кількості днів з грозою перевищена для України в ці роки на 25-30 %.

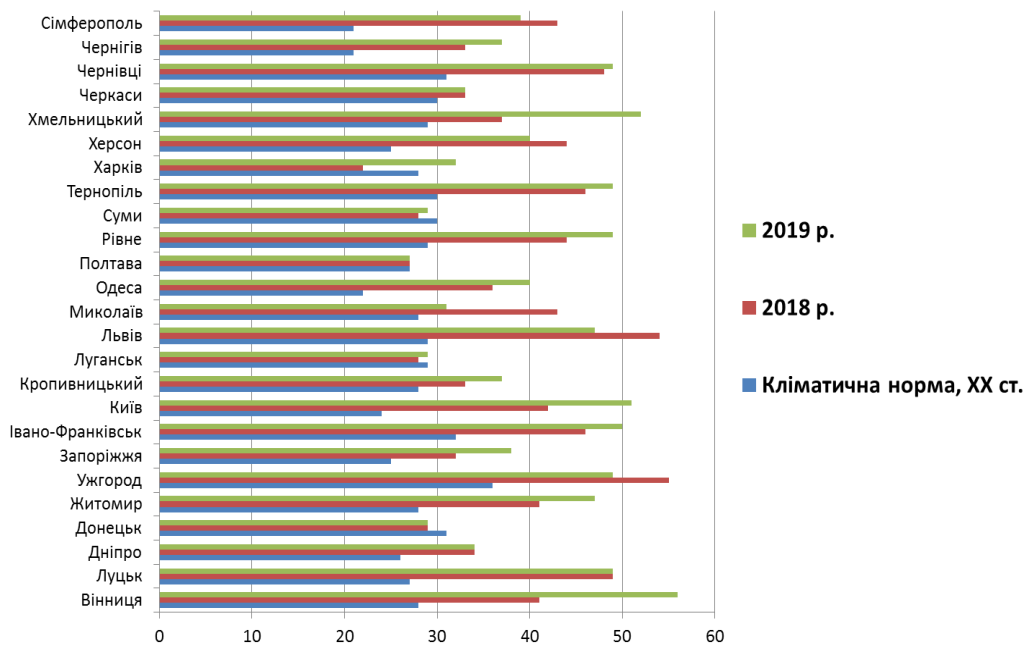


Рис. 5. – Річне число днів з грозою в регіонах України у 2018-2019 рр. у порівнянні з кліматичною нормою
 Fig. 5 – Annual number of days with a thunderstorm in the regions of Ukraine in 2018-2019 in comparison with the climatic norm

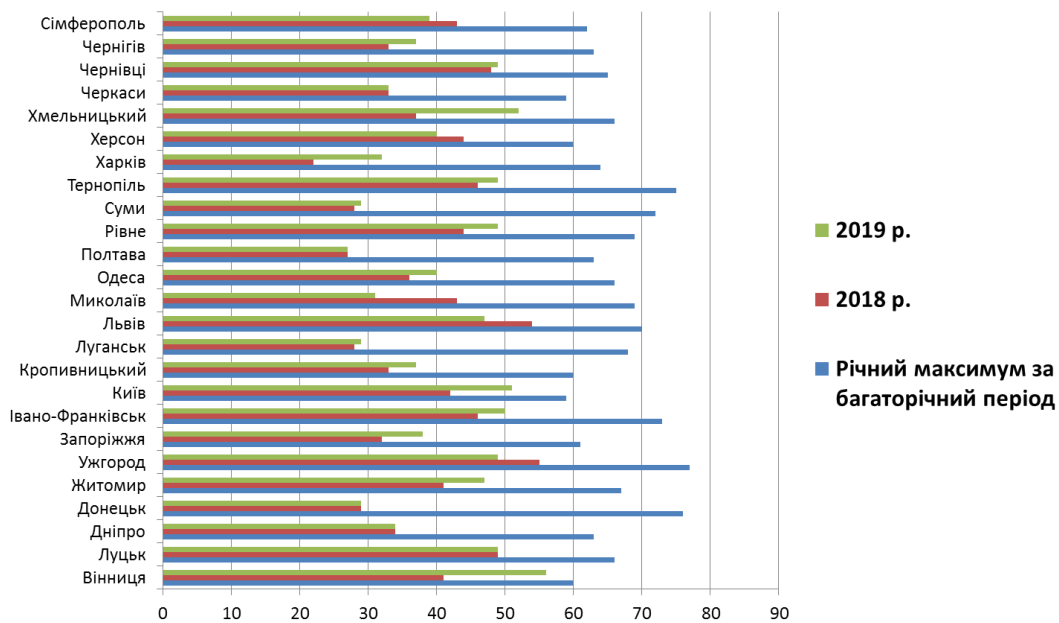


Рис. 6 – Річне число днів з грозою в регіонах України у 2018-2019 рр. у порівнянні з максимальним за кліматичною нормою
 Fig. 6 – The annual number of days with a thunderstorm in the regions of Ukraine in 2018-2019 compared to the maximum climatic norm

Як свідчать дані табл.4 та рис. 6, багаторічний річний максимум числа днів з грозою по жодній станції не був перевищений (у Вінниці і в Києві показник 2019 р. наближався до нього).

Отже, можна констатувати, що 2018-2019 рр. не були винятково аномальними для метеостанцій України за динамікою грозової активності, а відображали тенденцію, принаймні, останніх років (яка детально проаналізована для Волин-

ської області на 1 етапі дослідження). На картах (рис. 8 та рис. 9) наочно представлені виявлені регіональні відмінності грозової активності, описані вище.

Оцінка динаміки місячних значень кількості днів з грозою в цілому підтверджує всі тенденції, виявлені на прикладі Волинської області (зростання числа весняних та осінніх гроз, збільшення числа травневих гроз до рівня літніх

Таблиця 3 – Кількість днів з грозою в Україні у 2018-2019 рр. у порівнянні з нормою
Table 3 – The number of days with a thunderstorm in Ukraine in 2018-2019 compared to the norm

Область	Кліматична норма, середнє число днів з грозою, рік	Кліматична норма, максимальне число днів з грозою, рік	2018	2019
Вінницька	28	60	41	56
Волинська	27	66	49	49
Дніпропетровська	26	63	34	34
Донецька	31	76	29	29
Житомирська	28	67	41	47
Закарпатська	36	77	55	49
Запорізька	25	61	32	38
Івано-Франківська	32	73	46	50
Київська	24	59	42	51
Кіровоградська	28	60	33	37
Луганська	29	68	28	29
Львівська	29	70	54	47
Миколаївська	28	69	43	31
Одеська	22	66	36	40
Полтавська	27	63	27	27
Рівненська	29	69	44	49
Сумська	30	72	28	29
Тернопільська	30	75	46	49
Харківська	28	64	22	32
Херсонська	25	60	44	40
Хмельницька	29	66	37	52
Черкаська	30	59	33	33
Чернівецька	31	65	48	49
Чернігівська	21	63	33	37
АР Крим	21	62	43	39
Україна, середнє	27,8	66,1	38,7	41,0

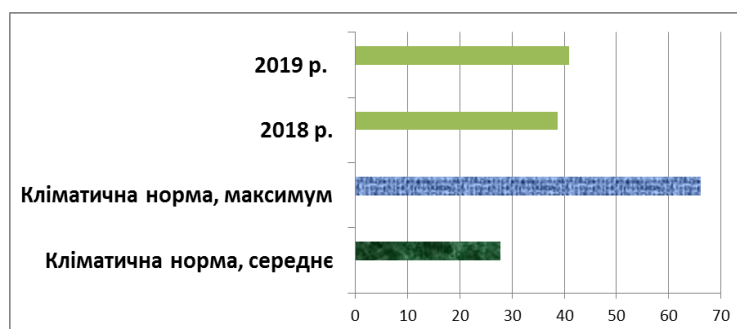


Рис. 7 – Сумарна діаграма середнього числа днів з грозою в Україні у 2018-2019 рр.
Fig. 7 – Summary diagram of the average number of days with a thunderstorm in Ukraine in 2018-2019

місяців). Зазначимо, що за досліджуваний період найбільш грозовими містами України були: Вінниця і Тернопіль в травні 2018 р. (18 і 17 днів з грозою), Миколаїв та Херсон у липні 2019 р. (20 та 19 днів з грозою). Максимальна річна кількість днів з грозою була у 2018 р. у Вінниці (56

днів), а у 2019 р. – в Ужгороді (55 днів).

За результатами проведеного дослідження було побудовано дві картодіаграми (рис. 8 та рис. 9), що показують розподіл числа днів з грозою на території України у 2018-2019 рр.

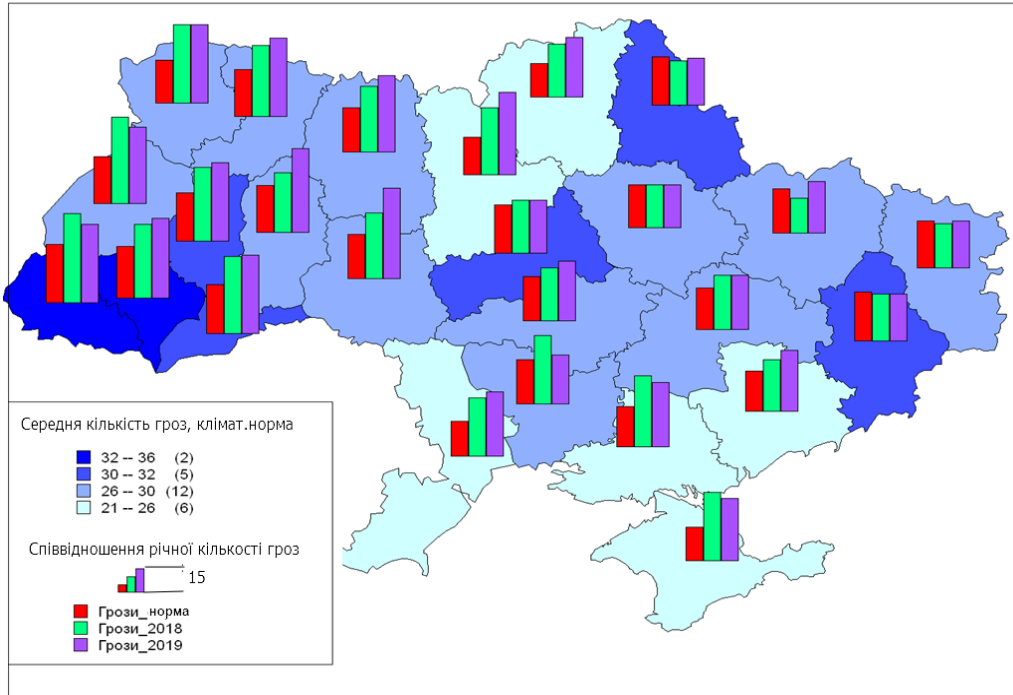


Рис. 8 – Картодіаграма розподілу річного числа днів з грозою в Україні у 2018-2019 рр. в порівнянні з їх середнім числом за кліматичною нормою

Fig. 8 – Map diagram of the distribution of the annual number of days with a thunderstorm in Ukraine in 2018-2019 compared to their average number on climatic norm

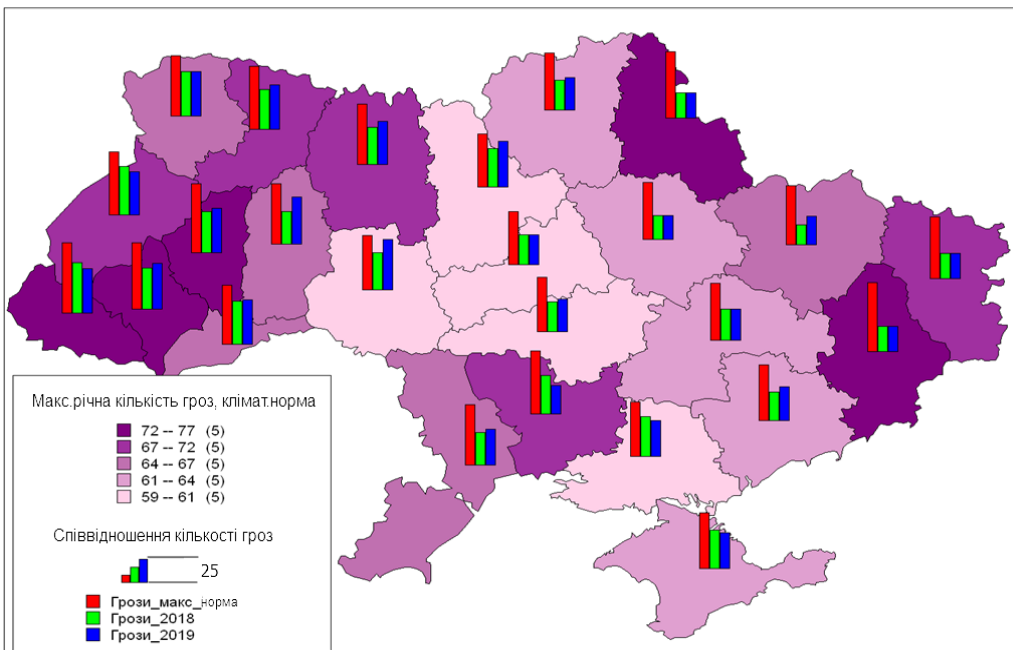


Рис. 9. – Картодіаграма розподілу річного числа днів з грозою в Україні у 2018-2019 рр. в порівнянні з їх максимальним числом за кліматичною нормою

Fig. 9 – Map diagram of the distribution of the annual number of days with a thunderstorm in Ukraine in 2018-2019 compared to their maximum number on climatic norm

в порівнянні з кліматичною нормою (рис. 8) та у порівнянні з багаторічним абсолютним максимумом (рис.9).

Наприкінці відмітимо: аналіз грозової активності для Волинської області (етап 1) проводився для всієї території області. В той час як аналіз гроз в межах України (етап 2) проводився на прикладі обласних центрів і порівнювався з даними відповідної метеостанції. Аналіз показників, отриманих на першому етапі дослідження, засвідчив, що для Волинської області протягом досліджуваного періоду річне число днів з грозою перевищує їх число для метеостанції Луцьк (обласний центр) на 30-40 % практично щороку, у той час як показники кліматичної норми річного числа днів з грозою в межах області та річного числа днів з грозою для ст. Луцьк відрізняються тільки на 10 %. Це також є свідченням значного зростання грозової активності в регіоні у останні десятиліття.

5. ВИСНОВКИ

Отже, проаналізувавши грозову активність в Україні у період 2018-2019 рр., бачимо, що вона має регіональні особливості. Інтенсифікація гроз спостерігається в Західному (на 50-100 %) і Південному (на 15-50 %) регіонах країни, частково – на Півночі. На Сході число днів з грозою близьке до показників кліматичної норми. Водночас, аналіз потребує уточнення та деталізації по всій мережі метеостанцій України, дані яких можуть бути порівняні з результатами дослідження архівних карт сайту Blitzortung.org.

Після проведених досліджень та статистичного аналізу грозової діяльності в Україні та на Волині за допомогою архівних карт грозопеленгації на сайті Blitzortung.org можна зробити наступні **висновки**:

1. Встановлено, що середня частота виникнення гроз в межах Волинської області за період 2008-2019 рр. (68 днів), порівняно із кліматичною нормою (30-40 днів), зросла в 1,5-2 рази. Суттєве зростання грозової активності добре узгоджується з ознаками кліматичних змін у зв'язку з глобальним потеплінням, що відмічаються багатьма вченими для помірних широт: це активізація стихійних явищ у зв'язку з підвищеною нестійкістю атмосферної стратифікації.

2. Встановлено, що кількість гроз на території України на початку ХХІ ст. також змінилася, але ці зміни різняться по регіонах: суттєве збільшення спостерігається у Західному регіоні і, частково, Центральному регіоні (західніше осі

Вінниця-Київ-Чернігів), менш помітне збільшення відмічається у Південному регіоні (Кіровоградська, Дніпропетровська, Запорізька, Одеська, Миколаївська, Херсонська області АР Крим), а в Східному регіоні (Сумська, Полтавська, Харківська, Донецька, Луганська області) кількість грозових днів зберігається в межах кліматичної норми. Зростання грозової активності на Заході та на Півдні України узгоджується з характером кліматичних змін у помірних широтах, зокрема, із зростанням температури повітря та нестійкості повітряних мас. Водночас відсутність помітного збільшення числа днів з грозою на сході України, як можна припустити, пов'язана із ослабленням інтенсивності фронтальних конвективних явищ та кількості самих атмосферних фронтів, що досягають цієї території, рухаючись з заходу на схід.

3. Для детальнішого аналізу регіональних відмінностей та динаміки на початку ХХІ ст. грозової активності на території України, варто продовжити дослідження для більш тривалого часового періоду.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Doswell III, C. A. Societal impacts of severe thunderstorms and tornadoes: Lessons learned and implications for Europe. *Atmospheric Research*. 2003. Vol. 67. Pp. 135-152.
2. Allen J. T. (2018). Climate change and severe thunderstorms. In Oxford research encyclopedia of climate science. URL: <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.62> (Accessed: 15.07.2021)
3. Sharp A. (2008). Assessing risk from meteorological phenomena using limited and biased databases. *Australian journal of emergency management*. 2008. № 23(4). Pp. 9-13.
4. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986 – 2005 рр.) / за ред. В. М. Ліпінського, В. І. Осадчого, В. М. Бабіченко. Київ : Ніка-Центр. 2006. 312 с.
5. Блискавка і гроза в реальному часі. URL : https://www.blitzortung.org/uk/live_lightning_maps.php (Accessed 11.05.2021)
6. Арабаджи В. И. Гроза и грозовые процессы. Минск : БГУ. 1960. 120 с.
7. Гальперин С. М., Степаненко В. Д. Радиотехнические методы исследования гроз. Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. 246 с.
8. Ермаков В. И., Стожков Ю. И. Физика грозных облаков. Москва : ФИАН, 2004. 139 с.
9. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ : Вид-во Равського. 2003. 343 с.
10. Кліматичний Кадастр України (електронна версія) / Державна гідрометеорологічна служба; УкрНДГМІ; Центральна Геофізична Обсерваторія. Київ, 2006.
11. Прох Л. З. Исследование ураганов, бурь, смерчей и шквалов Украины. Обнинск: ВНИИГМИ – МЦД. 1979. № 32. 177 с.

12. Казаков О. Л. Стихийні метеорологічні явища на Україні. *Вестник гидрометцентра ЧАМ*. 2010. №1(11). С.53 – 66.
13. Дослідження радіолокаційних характеристик небезпечних явищ погоди на території України / Грачова Н. І., Кузнецова В. В., Романенко Л. Н., Самаріна Л. П. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2015. № 267. С. 38 – 45.
14. Осадчий В. І., Бабіченко В. М. Динаміка стихійних метеорологічних явищ в Україні. *Український географічний журнал*. 2012. № 4. С. 8–13.
15. Балабух В. А. Межгодовая изменчивость интенсивности конвекции в Украине. *Глобальные и региональные изменения климата* / под ред. Осадчего В. И. Киев : Ника-Центр. 2011. С.150-159.
16. Мацук Ю. М. Зміни грозової активності на території України в ХХ та на початку ХХІ ст. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2013. № 39. С. 147–151.
17. Мацук Ю. М., Данова Т. Є. Тривалі та інтенсивні грози над Карпатами. *Науковий вісник СХУ імені Лесі Українки*. 2013. № 16. С. 55–61.
18. Недострелова Л. В., Чумаченко В. В. Часовий розподіл гроз на АМСЦ Одеса на початку ХХІ століття. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2021. 27. С. 16–23. <https://doi.org/10.31481/uhmj.27.2021.02>
19. Заболоцька Т. М., Підгурська В. М., Шпиталь Т. М. Грозова діяльність на території України. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2007. № 256. С. 92-98.
20. Щербань І. М., Ганчук А. В. Динаміка повторюваності гроз на півночі України. *Фізична географія та геоморфологія*. 2016. № 2. С. 83-88.
21. Клімат Луцка / под ред. Бабіченко В. Н., Зузука Ф. В. Ленинград : Гидрометеоиздат. 1988. 180 с.
22. Тарасюк Н. А., Тарасюк Ф. П. Режим зволоження та хмарності північного сходу Волинського Полісся. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій : збірник наукових праць Волинського національного університету імені Лесі Українки*. 2009. № 6. С. 17–27.
23. Федонюк В. В., Павлусь А. М. Аналіз динаміки грозових явищ на Волині протягом останнього десятиріччя. *Сучасна наука та освіта Волині: збірник матеріалів науково-практичної конференції*, 22.11.2018 р., м. Волод.-Волинський. 2018. С.249 – 251.
- Ukr.)
5. *Blyskavka i hroza v realnomu chasi [Lightning and Thunderstorms in Real Time]*. Available at: https://www.blitzortung.org/uk/live_lightning_maps.php (Accessed 11.05.2021)
6. Arabadzhyy, V.Y. (1960). *Groza i grozovye protsessy [Thunderstorm and thunderstorm processes]*. Minsk: BSU. (in Russ.)
7. Galperin, S.M. & Stepanenko, V.D. (1983). *Radiotekhnicheskie metody issledovaniia groz. [Radiotechnical methods of investigation of thunderstorms]* Leningrad: Gydrometeooyzdat. (in Russ.)
8. Ermakov, V.I. & Stozhkov, Yu.I. (2004). *Fizika grozovykh oblakov [Physics of thunderclouds]*. Moscow : LPI RAS. (in Russ.)
9. Lipinskyy, V.M., Dyachuk, V.A. & Babichenko, V.M. (eds). (2003). *Klimat Ukrainy [Climate in the Ukraine]*. Kyiv: Rayevskyy Publ. (in Ukr.)
10. *Klimatychnyi Kadastr Ukrainy (elektronna versiya) [Climatic cadastre of Ukraine]*. (2006). State Hydrometeorological Service of Ukraine; Ukrainian Hydrometeorological Institute UHMI, Central geophysical observatory named after Boris Sreznovsky. Kyiv. (in Ukr.)
11. Prokh, L.Z. (1979). *Issledovanie uraganov, bur, smerchey i shkvalov Ukrainy [Study of hurricanes, storms, tornadoes and squalls in Ukraine]*. Obnynsk: ARIHMI-WDC, № 32. (in Russ.)
12. Kazakov, O.L. (2010). *Stykhiini meteorolohichni yavyscha na Ukraini [Extreme weather events in Ukraine]*. *Vestnik gidromettsentra ChAM [Bulletin of the hydrometeorological center of the Black and Azov seas]*, 1(11), pp.53–66. (in Ukr.)
13. Grachova, N.I. et al. (2015). *Doslidzhennia radiolokatsiinykh kharakterystyk nebezpechnykh yavysch pohody na terytorii Ukrainy [The researches of dangerous radiolocation characteristics weather phenomena on the territory of Ukraine]*. *Naukovi pratsi Ukrainskoho naukovodoslidnoho hidrometeorolohichnoho instytutu [Scientific works of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute]*, 267, pp. 38–45. (in Ukr.)
14. Osadchyy, V.I. & Babichenko, V.M. (2012). *Dynamika stykhiinykh meteorolohichnykh yavyschch v Ukraini [Dynamics of adverse meteorological phenomena in Ukraine]*. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal [Ukrainian geographical journal]*, 4, pp. 8–13. (in Ukr.)
15. Balabukh, V.A. (2011). *Mezhgodovaya izmenchivost intensivnosti konvektsiyi v Ukraine [Interannual variability of convection intensity in Ukraine]*. In: Osadchyy, V.I. (ed.) *Globalnye i regionalnye izmeneniya klimata [Global and regional climate changes]*. Kiev : Nika-Tsentr, pp.150-159. (in Russ.)
16. Matsuk, Yu.M. (2013). *Zminy hrozovoi aktyvnosti na terytorii Ukrainy v XX ta na pochatku XXI st. [Variations of thunderstorm patterns on the territory of Ukraine in the XX and at the beginning of the 21th century]* *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina, seriia «Heolohiia. Heohrafiia. Ekolohiia».* [Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series «Geology. Geography. Ecology»], 39, pp. 147–151. (in Ukr.)
17. Matsuk, Yu. M. & Danova, T.Ye. (2013). *Tryvali ta intensyvni hrozy nad Karpatamy [Prolonged and Intensive Thunderstorms Over the Carpathians]*. *Naukovyi visnyk SNU imeni Lesi Ukrainky [Scientific Bulletin of the Lesya Ukrainka EENU]*, 16, pp. 55–61. (in Ukr.)
18. Nedostrelova, L.V. & Chumachenko, V.V. (2021). *Chasovyi rozpodil hroz na AMSTs Odessa na pochatku XXI*

REFERENCES

1. Doswell III, C.A. (2003). Societal impacts of severe thunderstorms and tornadoes: Lessons learned and implications for Europe. *Atmospheric Research*, 67, pp. 135-152.
2. Allen, J.T. (2018). Climate change and severe thunderstorms. In *Oxford research encyclopedia of climate science*. Available at: <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.62> (Accessed: 15.07.2021)
3. Sharp, A. (2008). Assessing risk from meteorological phenomena using limited and biased databases. *Australian journal of emergency management*, 2008, № 23(4), pp. 9-13.
4. Lipinskiy, B.M., Osadchyy, V.I., & Babichenko, V.M. (2006). *Stykhiini meteorolohichni yavyscha na terytorii Ukrainy za ostannie dvadtsiatyrichchia (1986-2005 rr.) [Adverse weather events on the territory of Ukraine for the last twenty years (1986–2005)]*. Kyiv: Nika-Tsentr. (in Ukr.)

- stolittia [Time distribution of thunderstorms observed at Odesa AMSC at the beginning of the 21st century]. *Ukrains'kij gidrometeorologičnij žurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*, 27, pp. 16–23. <https://doi.org/10.31481/uhmj.27.2021.02> (in Ukr.)
19. Zabolotska, T.M., Pidhurska, V.M. & Shpytal, T.M. (2007). Hrozova diialnist na terytorii Ukrainy [Thunderstorm activity on the territory of Ukraine]. *Naukovi pratsi Ukrainського naukovo-doslidnogo hidrometeorolohichnogo instytutu [Scientific works of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute]*, 256, pp. 92-98. (in Ukr.)
20. Shcherban, I.M. & Ganchuk, A.V. (2016). Dynamika povtoriuvanosti hroz na pivnochi Ukrainy [Dynamics of thunderstorms repeatability in Northern Ukraine]. *Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia [Physical geography and geomorphology]*, 2, pp. 83-88. (in Ukr.)
21. Babychenko, V.N. & Zuzuk, F.V (eds). (1988). *Klimat Lutsk [Climate of Lutsk]*. Leningrad: Gidrometeoizdat. (in Russ.)
22. Tarasiuk, N.A. & Tarasiuk, F.P.(2009). Rezhym zvolozhennia ta khmarnosti pivnichnogo skhodu Volynskoho Polissia [Humidity and cloudiness regime in the northeast of Volyn Polissya]. *Pryroda Zakhidnogo Polissia ta prylehlykh terytorii : zbirnyk naukovykh prats Volynskoho natsionalnogo universytetu imeni Lesi Ukrainky [Nature of Western Polissya and adjacent territories: a collection of scientific works of Lesya Ukrainka Volyn National University]*, 6, pp. 17–27. (in Ukr.)
23. Fedoniuk, V.V. & Pavlus, A.M. (2018). Analiz dynamiky hrozovykh yavlyshch na Volyni protiahom ostannioho desiatoryrichchia [Analysis of the dynamics of thunderstorms in Volyn over the past 10 years]. *Zbirnyk materialiv naukovo-praktychnoi konferentsii "Suchasna nauka ta osvita Volyni" [Proceedings of the scientific-practical conference "Modern Science and Education of Volyn"]*. 22.11.2018, Volod.-Volynskiy, pp. 249 – 251. (in Ukr.)

STUDY OF THUNDERSTORM ACTIVITY IN VOLYN REGION AND IN UKRAINE USING THE DATA OF BLITZORTUNG ONLINE RESOURCE

V. V. Fedoniuk¹, M. A. Fedoniuk¹, A. M. Pavlus²

¹Lutsk National Technical University,
75, Lvivska St, 43018 Lutsk, Ukraine, ecolutsk@gmail.com

²Lesya Ukrainka National University of Volyn region,
13, Voli Av., 43025 Lutsk, Ukraine, nesvishandriiu@gmail.com

The article contains the results of statistical and graphical analysis of thunderstorm activity in Ukraine and within Volyn Region, in particular, following the study of the dynamic maps archive available at the online resource Blitzortung.org (lightnings and thunderstorms in real time). It describes the principles and results of activities of Blitzortung.org, a community of lightning direction sensors owners and users, and presents the developed algorithm of the methodology of reading dynamic maps available at this resource.

Regional analysis of the archival maps on the website Blitzortung.org for 2008-2019 for the territory of Volyn Region made it possible to establish the following changes of the thunderstorm activity dynamics: the total number of thunderstorm days more than doubled (from 30 to 68.3 days on average); the number of thunderstorms increased in April (it was a rare phenomenon earlier); the number of thunderstorms increased significantly in May, for some years the number of thunderstorm days in May reached certain summer months (June and July); most thunderstorms are of frontal origin, storm fronts come from the west, north and southwest. The number of frontal thunderstorms tends to increase, therefore indicating increased atmospheric instability and the number of natural meteorological phenomena associated with such instability; the average monthly number of thunderstorm days in Volyn Region also increased for all months of the year with no exception.

The analysis of storm activity within the whole territory of Ukraine during the period of 2018-2019 indicated the presence of clear regional features and differences. The increase in thunderstorm activity is observed in the western (50-100%) and southern (15-50%) regions of the country, and partly in the north. The number of thunderstorm days in the eastern part of Ukraine is close to the climatic normal. At the same time, the analysis needs to be clarified and detailed throughout the whole network of meteorological stations of Ukraine whose data can be compared with the results of the study of archival maps available at Blitzortung.org.

Keywords: thunderstorm, thunderstorm activity, number of thunderstorm days, online resource Blitzortung.org.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРОЗОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ВОЛИНИ И В УКРАИНЕ ЗА ДАННЫМИ ОНЛАЙН-РЕСУРСА BLITZORTUNG

В. В. Федонюк¹, Н. А. Федонюк¹, А. М. Павлусь²

¹*Луцкий национальный технический университет,*

75, Львовская, 43018 Луцк, Украина, ecolutsk@gmail.com

²*Волынский национальный университет имени Леси Украинки,*

13, пр. Воли, 43025 Луцк, Украина, nesvishandriu@gmail.com

В работе представлено результаты статистического и графического анализа показателей грозовой деятельности в Украине и в пределах Волынской области, в частности, на основе исследования архива динамических карт онлайн-ресурса Blitzortung.org (молния и гроза в режиме реального времени). Описано принципы и результаты работы сообщества собственников и пользователей датчиков грозопеленгации Blitzortung.org, представлено разработанный алгоритм методики работы с динамическими картами данного ресурса.

Региональный анализ архивных карт на сайте Blitzortung.org за 2008 – 2019 гг. для территории Волынской области позволил констатировать, что в динамике грозовой активности произошли следующие изменения: более чем в два раза увеличилось общее число дней с грозой (в среднем с 30 дней до 68,3 дней); возросло число гроз в апреле (раньше они были очень редки); существенно возросло количество гроз в мае, в отдельные годы число майских гроз достигает показателей летних месяцев (июня и июля); большинство гроз имеют фронтальное происхождение, грозовые фронты приходят с запада, северо-запада и юго-запада. Количество фронтальных гроз имеет тенденцию к возрастанию, что свидетельствует об увеличении нестабильности атмосферы и числа стихийных метеорологических явлений, связанных с этой нестабильностью; среднее месячное число дней с грозой на Волини также увеличилось для всех без исключения месяцев года.

Анализ грозовой активности в пределах всей Украины на протяжении периода 2018-2019 гг. показал наличие видимых региональных особенностей и отличий. Увеличение грозовой активности наблюдается в Западном (на 50-100 %) и Южном (на 15-50 %) регионах страны, частично – на Севере. На Востоке Украины число дней с грозой практически не отличается от показателей климатической нормы. Вместе с тем, анализ требует уточнения и детализации в пределах всей сетки метеорологических станций Украины, исходные данные которых можно сравнить с результатами исследования архивных динамических карт сайта Blitzortung.org.

Ключевые слова: гроза; грозовая активность; число дней с грозой; онлайн-ресурс Blitzortung.org,

Подання до редакції : 31. 08. 2021

Надходження остаточної версії : 27. 10. 2021

Публікація статті : 26. 11. 2021